Über die Auffindung der zwei ersten Uranustrabanten durch Lassell.

Von **Prof. Schweigger** in Halle.

1. In Humboldt's Kosmos, Bd. III, S. 529 (wo es sich von den Satelliten des Saturn handelt) kommt folgende Stelle vor:

„Die Periode des dritten Satelliten ist das Doppelte von der des „ersten; der vierte Satellit hat die doppelte Umlaufszeit des zweiten. „Die Genauigkeit geht bis auf $\frac{1}{800}$ der längeren Periode. Dieses nicht „beachtete Resultat ist mir bereits im November 1845 in Briefen von „Sir John Herschel mitgetheilt worden."

Es wurde aber schon im Jahre 1814 dasselbe Resultat umständlich dargelegt als nothwendige Folge eines Gesetzes, welches unmittelbar darauf zur Bestimmung der Umlaufszeit der zwei ersten Uranustrabanten führte[1]). Und diesem Gesetze gemäss wurde die Umlaufszeit der beiden ersten Uranustrabanten theoretisch zu 2·1767 und 3·3534 Tagen bestimmt, während Lassell seinen ersten Beobachtungen gemäss, sie vorläufig zu 2·5 und 4 Tagen bestimmte, so dass also nur in den Decimalen noch eine Abweichung Statt findet[2]).

---

[1]) S. S. 27—29 der „Abhandlung über die Umdrehung der magnetischen Erdpole und ein davon abgeleitetes Gesetz der Trabanten- und Planeten-Umläufe" von J. S. C. Schweigger in Briefen an W. Pfaff nebst einem Schreiben des Letzteren über Kepler's „Weltharmonie." (Aus dem Journal für Chemie und Physik, Bd. X, Hft. 1, besonders abgedruckt.) Nürnberg bei J. L. Schrag, 1814. — Übrigens ist das hierüber im vorliegenden Blatte Mitgetheilte lediglich als ein Bruchstück zu betrachten, das mit weiter fortgesetzten Forschungen über Weltmagnetismus zusammenhängt, wie schon im Jahre 1828 die an Sömmerring's „Sonnenflecken-Beobachtungen" sich anschliessende Abhandlung „über die Natur der Sonne" zeigte, welche im Jahrbuch der Chemie und Physik von 1828, Bd. III (der ganzen Reihe, Bd. LIV), S. 434—464 mitgetheilt, aber auch in besonderen Abdrücken erschienen ist.

[2]) „Astronomische Nachrichten" Nr. 783, worin S. 259 Lassell in einem Briefe vom 4. November 1851 sich also ausdrückt: *I first saw these two satellites of which I now announce the discovery on the 24th of last month. I obtained further observations of them on the 28th and 30th of October and on the 2nd inst., and I found that all the observations were well satisfied, for so short an intervall, by a period of*

2. La Place hatte in seiner Periode keinen Grund, besonderes Gewicht zu legen auf das in so grosser Strenge bei den ersten Jupiterstrabanten vorkommende Verdoppelungsgesetz, das er, vielmehr als zufällig herbeigeführt, durch gegenseitige Störungen als ein *système à part de ces corps* betrachtet.

Die bei chemischen Combinationen öfters vorkommenden Verdoppelungen (woraus man ein Gesetz der multiplen Proportionen gemacht hat) mussten auch bei den grossartigen von der Astronomie in Betracht gezogenen Körpercombinationen die Aufmerksamkeit auf dieses Verdoppelungsgesetz hinlenken. Daraus entsteht auf alle Fälle ein Gewinn für die Chemie, welche dadurch abgezogen wird von geistlosen atomistischen Betrachtungen.

3. Das in der Planetenwelt annähernd geltende Gesetz des Abstandes, das zur Aufsuchung der Ceres anregte und auch neuerdings bei Berechnung des Neptun mit benützt wurde, bezeichnete man bei den entfernteren Planeten gewöhnlich als ein Verdoppelungsgesetz. Das Verdoppelungsgesetz, welches in der Trabantenwelt bei den Umläufen gilt, würde daher bei den Planeten in den

---

revolution of four days for the outermost and two days and five tenths for the innermost. Eine Zeichnung dieser in vier Nächten gemachten Beobachtungen ist in einer Tafel angereiht. Übrigens heisst es in einem späteren Briefe vom 26. Mai 1852 (s. astronomische Nachrichten Nr. 812, S. 328): *The observations of 1851 are well represented by a period of 2,5117 days and 4,1445 days, periods not differring greatly from these given in my former communication.* — Eben darum wurde obige Note zunächst für die „astronomischen Nachrichten" geschrieben. In einem physikalischen Blatte mitgetheilt, mag sie zur Ankündigung einer grösseren Abhandlung dienen, welche zunächst dazu bestimmt ist, über das sogleich nachher (Nr. 2) zu erwähnende, von den Chemikern sogenannte Gesetz der multiplen Proportionen umständlicher in dem Geiste zu sprechen, der schon bezeichnet durch einen Aufsatz „über einige noch unerklärte chemische Erscheinungen" (im Journal für Chemie und Physik von 1812 oder Bd. V, S. 49—74), sowie durch mehrere andere daran sich reihende Mittheilungen in demselben Journal, z. B. Bd. VII (aus dem Jahr 1813), S. 305—308 und Bd. XIV (aus dem Jahre 1815), S. 127, sowie Bd. XXXIX (aus dem Jahre 1823), S. 214—250 und Bd. LIX (aus dem Jahre 1830), S. 299, Note. Diese Betrachtungen, welche sich darauf beziehen, die sogenannte indifferente allgemeine Körperanziehung auf ein polares Princip zurückzuführen, erhielten stets weitere Ausdehnung in meinen Vorlesungen über physikalische Chemie.

Distanzen sich geltend machen. — Nur trat das Gesetz nicht scharf hervor, weil man willkürlich verlangte, dass es lediglich auf die mittleren Distanzen bezogen werden solle.

4. Ganz scharf aber treten in den Planetendistanzen bei verschiedenen Lagen der Planeten gegen einander die Verhältnisse 1 : 2 : 4 hervor, und zwar:

a) bei den mondlosen Planeten: Mercur, Venus, Mars. Welche Lage der Venus man auch annehmen mag von der kleinsten bis zur grössten Distanz: so wird dieselbe halbirt, immer die Zahl einer Mercurdistanz geben, die etwas kleiner ist, als die mittlere. — Verdoppelt aber gibt jede Venusdistanz eine Marsdistanz, die gleichfalls etwas kleiner ist als die mittlere (was wir durch $<M$ bezeichnen wollen):

Abstand.	Mercur.	Venus.	Mars.
Kleinster	0,3592001 $<M$	0,7184002	1,4368004 $<M$
Grösster	0,3641318 $<M$	0,7282636	1,4565272 $<M$

b) Ein zweites System der Art bildet die Erde mit der in der Asteroidensphäre durch grosse Excentricität der Bahn sich auszeichnenden Juno. Denn alle Distanzen der Erde von der grössten an über die mittlere hinaus fast bis zur kleinsten, führen verdoppelt zu einer im Asteroidensysteme bei der Juno vorkommenden Distanz, wie folgende Tafel zeigt:

Abstand.	Erde.	Juno.
Kleinster . . .	0,993625 $<$ Perih.	1,98725
Grösster . . .	1,0167751	2,0335502 $<M$.

c) Ein eigenthümliches System, welches den Zahlen 1 : 2 : 4 entsprechende Distanzen innerhalb gewisser Grenzen darstellt, bilden die grösseren, durch rasche Axendrehung sich auszeichnenden Planeten: Jupiter, Saturn und Uranus, wie folgende Tabelle zeigt:

Abstand.	Jupiter.	Saturn.	Uranus.
Kleinster . .	4,951871	9,903742 $<M$	19,807484 $<M$
Grösster . .	5,019075 $<M$	10,03815 $>$ *Aph.*	20,0763

d) Neptun scheint eine neue Planetenreihe zu beginnen worin (analog wie bei den näheren Monden des Jupiters, Saturns und Uranus) ein Verdoppelungsgesetz in den Umläufen hervortritt. Wenigstens ist nicht, wie Le Verrier bei seiner Berechnung

voraussetzte, seine Distanz von der Sonne ungefähr die doppelte von der des Uranus, aber seine Umlaufszeit ist nahe die doppelte von der des Uranus. Und dies ist beachtungswerth, wenn späterhin davon die Rede sein kann, einen neuen Planeten jenseits des Neptun durch Rechnung zu suchen.

5. Übrigens wird offenbar durch Lassell's Entdeckung ein bedeutendes Gewicht in die Wagschale der Gründe gelegt, durch welche in jener kleinen Schrift über Weltmagnetismus im Jahre 1814 es wahrscheinlich gemacht wird, dass jenes von La Place bei den Jupiterstrabanten bezeichnete *système à part* nicht dem ersten, zweiten und dritten, sondern vielmehr (nach Einschaltung eines Systems von Mondasteroiden vor dem grössten, also nun der Systemzahl nach vierten Jupitersmonde) dem ersten, zweiten und vierten Mond angehöre. In der That scheinen jene Mondasteroiden es gewesen zu sein, welche der Bestätigung der grossen Entdeckung Römer's unbequem bei dem zweiten Trabanten entgegentraten. La Place in der *Mécanique céleste tom. V, p. 408,* drückt darüber sich also aus: *Cette explication de Römer éprouva quelques objections fondées sur ce qu' elle ne paraissait pas indiquée par les éclipses des autres satellites, ou il était difficile de la reconnaître parmi leurs nombreuses inégalités, qui n'étaient pas encore connues.* Aber noch jetzt ist diese Schwierigkeit nicht beseitigt, und Flaugergues (in Zach's *Corresp. astron. II. 430*) macht aufmerksam, dass gerade der zweite Jupitersmond die meisten Unregelmässigkeiten zeigt. Speciell beachtenswerth ist in dieser Beziehung, dass selbst bei den in Humboldt's Kosmos bezeichneten obengenannten Saturnstrabanten sich das Verdoppelungsgesetz durch unmittelbare Beobachtung der Umläufe schärfer darstellt, als bei den Jupiterstrabanten, während doch Berechnungen anderer Art, wie schon La Place hervorhebt, darthun, dass es bei jenen drei Jupiterstrabanten in voller Strenge gilt.

Nachschrift. Einem ausgezeichneten Himmelsforscher, wie Lassell, der mit so vorzüglichem Talent und bewunderungswürdiger Ausdauer seinem grossen Vorgänger Herschel zur Seite trat, verdanke ich die Veranlassung zur vorstehenden Mittheilung, welche bestimmt ist, die Aufmerksamkeit hinzulenken auf Gegenstände der Forschung über Weltmagnetismus, die nirgends Anklang finden konnten seit

38 Jahren. Bei den höchst merkwürdigen neuen Entdeckungen Plücker's und Faraday's, den Zusammenhang betreffend optischer und magnetischer Axen, überhaupt krystallinischer und magnetischer Gesetze, drängt sich gegenwärtig die Idee des Weltmagnetismus von selbst auf. — Die Astronomen, deren auf eine dem umgekehrten Quadrate der Entfernung entsprechende Anziehung sich beziehenden Rechnungen auch für die magnetische Anziehung passen (ja bei Kometen, wo nichts berechtigt an Materialität zu denken, allein auf dieses magnetische Anziehungsgesetz zu beziehen sind) — die Astronomen suchte ich für oben erwähnte aus dem Jahr 1814 stammende Abhandlung dadurch ins Interesse zu ziehen, dass ich, so oft sich Gelegenheit dargeboten, hervorhob, die Haupttendenz jener Abhandlung sei, ein von La Place als *système à part* bei den Umläufen der drei ersten Jupiterstrabanten hervorgehobenes Verdoppelungsgesetz als ein Gesetz von viel grösserer Ausdehnung und durchgreifender Bedeutsamkeit darzustellen. Und dafür wird nun durch Lassell's Forschungen die Entscheidung der Natur herbeigeführt.

Darum ist zu hoffen, dass ein Abdruck der Hauptstellen aus jener im Jahre 1814 publicirten Abhandlung, welche von diesem Verdoppelungsgesetze, Zahlen-Resultaten gemäss, handeln, den astronomischen Lesern hier als Anhang nicht unwillkommen sein werde. Ich werde mir die wörtliche Mittheilung zur Pflicht machen. Es heisst zunächst, S. 14, mit Beziehung auf den Saturnsring: „La Place, der schon früher aus theoretischen Gründen die Umdrehung des innern Ringes auf 10 Stunden 33 Minuten berechnet hatte, ehe Herschel die Umdrehungszeit einiger daran beobachteter glänzender Punkte von 10 St. 31′ 15″ = 0,439 Tagen fand, erklärte die Möglichkeit, wie Schröter lange Zeit unbeweglich scheinende Punkte beobachten konnte, daraus, dass jeder der beiden Saturnsringe aus mehreren kleineren gebildet sei, die als eben so viele um den Mittelpunkt des Saturns umlaufende Trabanten angesehen werden können, und dass dabei diese verschiedenen Ringe auch verschiedene Neigung gegen den Saturnsäquator haben." — Jeder dieser Ringe wurde nun als ein noch unvollendeter, aus getrennten, mit Wolkensphären umhüllten Meteormassen[1]) bestehenden

[1]) Vergleiche über diese Ansicht des Saturnusringes als eine keineswegs isolirt stehende Erscheinung, die aus Grunert's Archiv für Mathematik

hender Trabant aufgefasst (den in der Note S. 24—26 angegebenen Gründen gemäss, welchen nun mehrere anzuschliessen, gemäss neuerdings beobachteten Veränderlichkeiten bei diesem Ringe, worauf aber damals schon die von Schröter beobachtete Veränderlichkeit des einmal auch nur dunkelgrau sich darstellenden Ringschattens hingedeutet). Und diese Betrachtungen wurden von S. 26 an in der Art fortgesetzt:

„Nehmen wir den Abstand des ersten Saturnsmondes zu 3,170 Saturnshalbmessern an (was ungefähr das Mittel ist zwischen der älteren Bestimmung 3,080 und der neuesten in der *Exposition du système du monde* von 3,351 Halbmessern), so kommt gerade auf den mittelsten Saturnsring die Umlaufszeit von 0,471 Tagen. Wollen wir diese Umlaufszeit an die Reihe der übrigen Trabantenumläufe anschliessen, den Ring selbst als den ersten Trabanten zählend. Es ist sonach

I.	Trabantenumlauf	0,471	Tage.
II.	„	0,94271	„
III.	„	1,37024	„
IV.	„	1,88780	„
V.	„	2,73948	„
VI.	„	4,51749	„
VII.	„	15,94530	„
VIII.	„	79,32960	„

---

und Physik, Bd. IX und X, besonders abgedruckte Abhandlung über das Elektron der Alten u. s. w. Note 29 (S. 38). Was unsere Meteormassen anlangt, so ist die vorherrschende Gleichartigkeit in der Zusammensetzung derselben, worin das Vorkommen vorzugsweise magnetischer Metalle specielle Aufmerksamkeit verdient, der Idee vom zufälligen Herabkommen aus dem unendlichen Weltall keineswegs günstig. Die oben angeführte Abbandlung aus dem Jahre 1814 gibt den gesetzmässig angeordneten Meteormassen auch Bedeutung für die äussersten Jupiters- und Saturnstrabanten zur Aufkläruag einiger bei denselben vorkommenden schwer aufzufassenden Erscheinungen, wovon S. 78—82 obiger Abhandlung die Rede ist. Und an das dort Angeführte möge hier noch angereiht werden, eine wenig beachtete Bemerkung Maraldi's (in den *Mémoires de l'Acad. des Sciences 1707, S. 295)*, wo von den äussersten Jupiterstrabanten gesagt wird: „*le quatrième Satellite, qui paroit le plus souvent le plus petit de tous les autres, est quelquefois le plus gros et son ombre, qui vers les quadratures de Jupiter avec le Soleil se voit dans Jupiter, pendant que le Satellite même en est éloigné, paroit plus*

„Man sieht, dass die vierte Trabanten-Umdrehungszeit die doppelte zweite und die zweite die doppelte erste ist, ganz analog dem Gesetze bei den ersten Jupiterstrabanten. Offenbar ist also, was daraus als nothwendige Folge hervorgeht, die mittlere Bewegung des ersten Trabanten (worunter wir den bezeichneten Ring verstehen) zugezählt der zweifachen mittleren Bewegung des vierten, gleich der dreifachen mittleren Bewegung des zweiten Trabanten. Wäre statt des Ringes ein ausgebildeter Mond vorhanden, so würde auch von dem Längengesetze die Rede sein können."

„Im Vorbeigehen will ich bemerken, dass der dritte und fünfte Trabant dieses Gesetz nachahmend wieder beginnen, indem die fünfte Umlaufszeit wieder fast ganz genau die doppelte dritte ist. Dies aber leuchtet ohnehin als nothwendige Folge aus unserer Reihe ein."

Wenn nun aber jene merkwürdige harmonische Trias von Bewegungen [1]) (sofern der beliebten Kürze wegen dieser Ausdruck erlaubt ist), welche La Place bei den Jupiterstrabanten als ein eigenthümliches System betrachtet, bei dem Saturn ganz entschieden nicht dem ersten, zweiten und dritten Trabanten, sondern dem ersten, zweiten und vierten angehört, sollen wir nicht dasselbe auch beim Jupiter annehmen und erhält also meine Vermuthung, dass zwischen dem zweiten und dritten wahrnehmbaren Jupiterstrabanten Mondasteroiden an dem Orte, welchen unsere Reihe ihnen anweist, sich befinden mögen, nicht aber hierdurch einen hohen Grad der Wahrscheinlichkeit?"

„Wir haben aber nun ein Recht jenes harmonische Gesetz der Bewegungen, womit zwei Trabantenreihen beginnen, auch bei der dritten Reihe derselben zu fordern. Ich will die Reihe der Distanzen

---

grande, que le Satellite même qui la cause, quoique cette ombre doive être un peu diminuée par la lumière de Jupiter dans laquelle on l'aperçoit, et qu'il soit certain par les règles d'Optique, que l'ombre doit être plus petite que le Satellite qui la forme."

[1]) In der That schliessen die Berechnungen, von denen es sich hier handelt, den Verhältnisszahlen des Dreiklanges sich an, welcher nachklingt bei angeschlagenem Grundton einer Saite. Auch die Zahlen, welche Hansteen fand für die Umdrehung der vier magnetischen Erdpole, entsprechen diesem Dreiklangsgesetz und erinnern eben dadurch an die uralte Idee der Weltharmonie, welche aufrief zur weiteren Fortsetzung daran sich anreihender Beobachtungen.

und Umlaufszeiten der Uranustrabanten nach Herschel's Bestimmungen hieher setzen:

	Mittlere Abstände.	Umlaufszeiten.
I.	13·120	5·8926 Tage.
II.	17·022	8·7068 „
III.	19·845	10·9611 „
IV.	22·752	13·4559 „
V.	45·507	38·0750 „
VI.	91·008	107·6944 „

„Was ich vorhin gleichsam als beginnende Nachahmung jener harmonischen Trias von Bewegungen angeführt habe, dass nämlich die Umlaufszeit des dritten Saturnsmondes ungefähr die Hälfte von der des fünften ist, dasselbe bemerken wir hier annäherungsweise bei dem bis jetzt aufgefundenen ersten und dritten Uranusmonde. Letzterer gebraucht nämlich ungefähr doppelt soviel Zeit zu seinem Umlauf als ersterer. Wir erhalten hierdurch Anleitung die noch nicht beobachteten Trabanten durch Rechnung zu bestimmen. Es werden nämlich, damit dasselbe harmonische Bewegungsgesetz wie in den übrigen Trabantenreihen stattfinde, vor dem hier aufgeführten ersten Uranusmonde noch zwei vorhergehen müssen, deren

	mittlerer Abstand	und Umlaufszeit
I.	6·7545	2·1767 Tage
II.	10·7221	4·3534 „

beträgt."

„Herschel's Beobachtungen sind dieser, aus theoretischen Gründen abgeleiteten Vermuthung gar nicht ungünstig, denn Herschel glaubte zuweilen Spuren von einem Ring um den Uranus gewahr zu werden. Einigemal sah er doppelte einander entgegengesetzte Punkte, gleichsam zwei Ringe von verschiedener Breite unter rechten Winkeln. Er bemerkte einstens auch einen Streifen als den Entwurf eines Ringes auf der Oberfläche des Planeten, auch Hervorragungen. Indess konnte er hierüber nicht zur Gewissheit kommen, und erklärt sich zuletzt gegen die Annahme eines Ringes. Es ist aber um so wahrscheinlicher, dass diese zuweilen, wie es scheint, unter besonders günstigen Umständen bemerkten lichten Punkte und Hervorragungen wirklich durch die nächsten Trabanten des Uranus veranlasst wurden, da die entscheidende Wahrnehmung derselben schon darum nicht möglich ist, weil selbst die in einer Ent-

fernung von 13 und 17 Uranushalbmessern befindlichen Trabanten zuweilen gänzlich verschwinden, jener in einem Abstande von 18″, dieser in einem von 29″. Herschel bemerkt mit Recht, dass die Ursache davon in dem Lichte des Hauptplaneten zu suchen sei, das erforderlich stark ist, um Körper, die äusserst schwach erscheinen, bei einer zu grossen Annäherung völlig verschwinden zu machen."

„Wir wollen also dreist zwei noch nähere Trabanten am Uranus annehmen, als entscheidende Beobachtungen darzuthun bisher vermochten, oder es vielleicht je vermögen werden. — — Es ist ein glücklicher Zufall, dass die Umlaufszeit des 17 Uranushalbmesser entfernten Trabanten, woraus wir sowohl Umlaufszeit als Distanz der beiden noch nicht durch die Beobachtung entschiedenen Trabanten berechneten, unter allen Bestimmungen, welche bei den Uranustrabanten vorkommen, noch die genaueste ist. Denn jener Trabant wurde, gleich dem im Abstande von 22,7 Halbmessern befindlichen zuerst entdeckt und seine synodische Umlaufszeit unmittelbar bestimmt aus 6 Combinationen von Stellungen, die 6, 7 und 8 Monate von einander entfernt waren, während die des zuletzt genannten Trabanten bloss aus 4 solchen Combinationen bestimmt, die Umlaufszeit aller übrigen Trabanten aber nach dieser Grundlage lediglich aus den Distanzen abgeleitet ist, deren Messung so vielen Schwierigkeiten unterworfen war.
